

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Генеральный директор

ОАО «НПО ЦКТИ»

доктор технических наук, профессор

В.Е. Михайлов

« 10 » 2023 г.

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертационной работы Сосновского Андрея Юрьевича на тему: «Повышение надежности систем тепловых перемещений выносных корпусов подшипников паровых турбин», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.7. «Турбомашины и поршневые двигатели».

Обеспечение надежной работы проектируемых паротурбинных установок и установок, находящихся в эксплуатации на ТЭС во всем диапазоне возможных нагрузок является архиважной и первоочередной задачей.

Проблеме нормализации тепловых перемещений корпусов подшипников (КП) паровых турбин средней и большой мощности посвящено большое количество работ, выполненных различными организациями (ОРГЭС, ЦКТИ, ВТИ, МЭИ и др.) и заводами-изготовителями паровых турбин. В частности, специалистами ЦКТИ выполнен большой комплекс работ по исследованию взаимодействия основных элементов паровых турбин, в которых осевое усилие цилиндра турбины на КП передается через опорные лапы цилиндра. Результаты этих мероприятий подтвердили, что одними из причин затруднений в работе системы тепловых перемещений (СТП) являются заклинивания в поперечных шпоночных соединениях цилиндров турбин и КП и разность температур фланцев (температурный перекося) цилиндра турбины. По результатам выполненных исследований в ЦКТИ впервые предложена и реализована конструкция поперечного шпоночного соединения, использующая принцип поворотности силового элемента сочленения и практически исключая возможность заклинивания в этом узле.

Автор совершенно верно указывает на то, что опыт эксплуатации паровых турбин, на которых реализованы мероприятия по нормализации тепловых перемещений КП показал, что не всегда выполнение ранее разработанных мероприятий обеспечивает нормальную работу СТП. Так, проблемы, связанные с работой СТП наблюдались на турбинах после капитального ремонта и новых турбинах, где были применены антифрикционные покрытия на поверхностях скольжения КП по фундаментным рамам.

Актуальность представленной проблемы очевидна, и она определяет успех диссертационного исследования: разработать комплекс взаимосвязанных решений, повышающих надежность систем тепловых перемещений КП паровых турбин.

Цель исследования определила необходимость решения целого комплекса задач:

- выполнить исследование влияния каждой из возможных причин затрудненных тепловых перемещений на изменение уклона верхней плоскости поперечного ригеля фундамента турбины под КП как параметра, в наибольшей степени характеризующего работу СТП;
- разработать модели, объясняющие возникновение затруднений в работе СТП с учетом ранее не определяемых факторов;
- разработать универсальную кинематическую модель системы «цилиндр турбины-КП-фундамент турбины» (ЦПФ) для исследования устойчивости СТП к внешнему воздействию;
- определить общие условия устойчивости СТП к внешнему воздействию на основе анализа универсальной кинематической модели;
- определить условия устойчивости различных вариантов исполнения СТП, в частности, традиционной СТП;
- выполнить анализ влияния температурных деформаций цилиндра турбины на функционирование традиционной СТП на основе варианта универсальной кинематической модели системы ЦПФ;
- определить достаточный объем информации при организации постоянного контроля за параметрами состояния СТП в процессе эксплуатации;



- разработать концепцию создания диагностической модели и модуля диагностики в составе АСУ ТП для своевременного выявления причин нарушений в работе СТП.

Научная новизна и значимость диссертационной работы заключается в разработке, апробации и внедрении в эксплуатацию комплекса методических и практических рекомендаций, позволяющих решать проблемы повышения надежности и совершенствования систем тепловых перемещений выносных корпусов подшипников паровых турбин:

- впервые показано и обосновано, что задачу повышения надежности работы СТП паровых турбин необходимо рассматривать как комплекс инженерных и информационных решений, позволяющий учесть все важнейшие факторы, определяющие взаимодействия элементов СТП;
- выявлено, что ранее не учитываемыми причинами недопустимого изменения уклона ригеля являются дополнительные силы сопротивления перемещению выносных корпусов подшипников, возникающие при контакте боковых поверхностей паза в подошве корпуса подшипника с направляющими осевого перемещения; при этом наиболее неблагоприятным является «диагональный» контакт, когда обе боковые поверхности паза контактируют с направляющими осевого перемещения;
- разработана универсальная кинематическая модель системы «цилиндр-подшипник-фундамент» и на основе выполненного моделирования определены условия устойчивости для различных конструкций СТП; разработана диаграмма устойчивости для оценки устойчивости СТП к внешнему воздействию;
- разработана концепция модуля автоматизированной оперативной диагностики СТП, обоснован перечень параметров, необходимых для достоверной диагностики нарушений в работе СТП, сформулированы алгоритмы для определения наличия признаков дефектов; разработаны контрольные примеры для проверки правильности реализации алгоритмов в программно-аппаратном комплексе АСУ ТП.

При выполнении исследований и решении поставленных в работе задач корректно использовались современные методы исследования и методы математического моделирования. Кроме того, обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждена апробацией и положительными результатами практического использования предложенных решений по нормализации тепловых перемещений корпусов подшипников на действующем оборудовании мощностью от 50 до 300 МВт; многократной повторяемостью результатов опытов, выполненных в различных условиях эксплуатации.

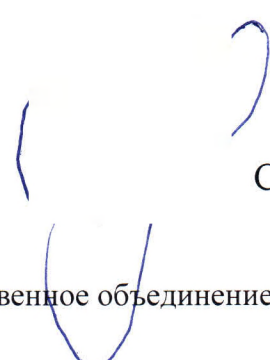
Следует отметить, что автором диссертационной работы много говорится о температурных перекосах фланцев корпусов цилиндров, однако о возможности или путях регулирования температуры фланцев он ничего не говорит, во всяком случае в автореферате этого нет.

Отмеченный недостаток не снижает научной и практической значимости диссертационной работы Сосновского А.Ю.

Результаты диссертации опубликованы в 27 статьях, в т.ч. 12 статей в научных изданиях, определенных ВАК РФ. Представленные разработки защищены патентом на полезную модель.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.4.7. «Турбомашины и поршневые двигатели», а диссертант Сосновский Андрей Юрьевич заслуживает присвоения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.7. «Турбомашины и поршневые двигатели».

Заместитель генерального директора –  
заведующий отделением  
турбинных установок, к.т.н.



С.Н. Гаврилов

Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»).

Адрес: 191167 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Атаманская, д. 3/6.

Гаврилов Сергей Николаевич, заместитель генерального директора - заведующий отделением турбинных установок.

тел. +7 (812) 717 43 81, факс +7 (812) 717 43 00.